



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE



DIRECTIVE PARTIE C1: DIMENSIONNEMENT ET CONSTRUCTION



CONTENU

- Structure et aperçu du contenu de la partie C1
- Sujets particuliers:
 - Procédure d'approbation des plans (examen, conditions, réception)
 - Sécurité structurale (objet, principes, vérifications)
 - Végétation sur les barrages en remblai



STRUCTURE ET APERÇU DU CONTENU (1)

- 1. Introduction (buts, délimitation par rapport aux parties C1/C2)
 - 2. Procédure applicable
 - **2.1. Approbation des plans (Art. 6 LOA)** (procédure)
 - 2.2. Influence de constructions souterraines (influence éventuelle sur la sécurité)
 - 2.3. Analyse de sécurité d'un ouvrage existant (critères pour une analyse)
 - 3. Convention d'utilisation, base du projet et dossier de demande d'approbation des plans
 - 3.1. Convention d'utilisation (objectif et bases)
 - 3.2. Base du projet (éléments de la sécurité technique)
 - **3.3. Dossier de demande d'approbation des plans pour un projet de construction ou de transformation d'ouvrage** (éléments pour la demande d'approbation)
 - **3.4. Tâches de l'autorité de surveillance dans le cadre de l'approbation d'un projet de construction ou de modification d'ouvrage** (examen, conditions)
 - **3.5. Réception des travaux de construction** (procès-verbal de réception, conditions pour la mise en service)
-



STRUCTURE ET APERÇU DU CONTENU (2)

4. Sécurité structurale

- 4.1. Objet de la sécurité structurale
- 4.2. Vérification de l'intégrité structurale
- 4.3. Combinaisons d'actions

Normal (type 1)	Concernent les actions qui sollicitent régulièrement l'ouvrage de retenue.
Exceptionnel (type 2)	Concernent les actions qui peuvent survenir, mais pas nécessairement durant la vie de l'ouvrage. Dans ce cas, de légers dégâts sont tolérés. Les organes de sécurité (notamment les évacuateurs de crues et vidanges) doivent rester opérationnels.
Extrême (type 3)	Concernent les actions les plus défavorables pour lesquelles la sécurité structurale de l'ouvrage doit rester assurée (en supposant que 2 actions individuelles extrêmes ne surviennent pas simultanément ni une action individuelle extrême avec une action individuelle exceptionnelle). Dans ces cas, des dégâts peuvent survenir sans toutefois être à l'origine d'une libération d'eau incontrôlée et dommageable de la retenue (ils nécessitent par contre généralement des contrôles approfondis et des interventions constructives afin de rétablir un niveau de sécurité adéquat).

Actions individuelles	Combinaisons d'actions pour les barrages poids (béton et maçonnerie), mobiles et voûtes, y compris appuis et fondations						
	Combinaisons de type normal (Type 1)		Combinaisons de type exceptionnel (Type 2)			Combinaisons de type extrême (Type 3)	
	Lac vide	Lac plein	Crue de projet	Glace	Avalanche ou lave torrentielle	Crue de sécurité	Sollicitation sismique
Poids propre ¹⁾	X	X	X	X	X	X	X
Poussée hydrostatique, niv. normal de retenue ²⁾		X		X	(X)		X
Poussée hydrostatique correspondant au niv. de crue ³⁾			X			X	
Poussée hydrostatique aval (éventuel) ⁴⁾	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Poussée des sédiments amont (éventuel)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Poussée des terres aval (éventuel)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Sollicitation sismique							X
Poussée des glaces				X			(X)
Pression d'avalanche ou de lave torrentielle					X		
Actions additionnelles à prendre en compte pour les barrages poids (béton et maçonnerie) et barrages mobiles ⁵⁾							
Sous-pressions, niv. normal de retenue ⁶⁾		X		X	(X)		X
Sous-pressions correspondant au niv. de crue ⁷⁾			X			X	
Actions additionnelles à prendre en compte pour les barrages voûtes ⁸⁾							
Variations de température ⁹⁾	X	X	X	X	X	X	X

(sécurité aux crues, stabilité)

(états limites ultimes)

(types et combinaisons)

Actions individuelles	Combinaisons d'actions pour les barrages en remblai, y compris appuis et fondations						
	Combinaisons de type normal (Type 1)		Combinaisons de type exceptionnel (Type 2)				Combinaisons de type extrême (Type 3)
	Lac vide (remblai drainé)	Lac plein	Lac vide, à la fin de la construction	Crue de projet	Vidange rapide	Avalanche ou lave torrentielle	Crue de sécurité
Poids propre	X	X	X	X	X	X	X
Poussée hydrostatique, niv. normal de retenue ¹⁾		X				(X)	X
Pressions interstitielles, niv. normal de retenue ²⁾		X			X ³⁾	(X)	X ⁴⁾
Poussée hydrostatique correspondant au niv. de crue				X			X
Pressions interstitielles correspondant au niv. de crue ⁵⁾				X ⁶⁾			X ⁷⁾
Pressions interstitielles avant consolidation		(X)	X				
Sollicitation sismique							X
Pression d'avalanche ou de lave torrentielle						X	

(actions des tableaux)

(autres actions particulières)

- 4.4. Description des actions individuelles
- 4.5. Autres actions individuelles



STRUCTURE ET APERÇU DU CONTENU (3)

- 4.6. Critères d'intégrité structurale
 - **4.6.1. Principes de base** (sollicitations, résistances)
 - 4.6.2. Classes d'ouvrages (comme pour la partie C3, sécurité aux séismes)
 - 4.6.3. Détermination des caractéristiques des matériaux (exigences par rapport aux hypothèses)
 - 4.6.4. Éléments de modélisation (exigences minimales, comme 2D/3D, FEM)
 - 4.6.5. Facteurs partiels de résistance (seulement pour la résistance)
 - **4.6.6. Stabilité d'ensemble** (vérifications, glissement, basculement, soulèvement)
 - **4.6.7. Résistance ultime de l'ouvrage de retenue** (stabilité et érosion des remblais, contraintes)
 - **4.6.8. Zone de fondation** (capacité portante, glissement, affouillements, érosion)
 - **4.6.9. Stabilité des versants de la zone de retenue** (vagues impulsives causées par des glissements dans la retenue)

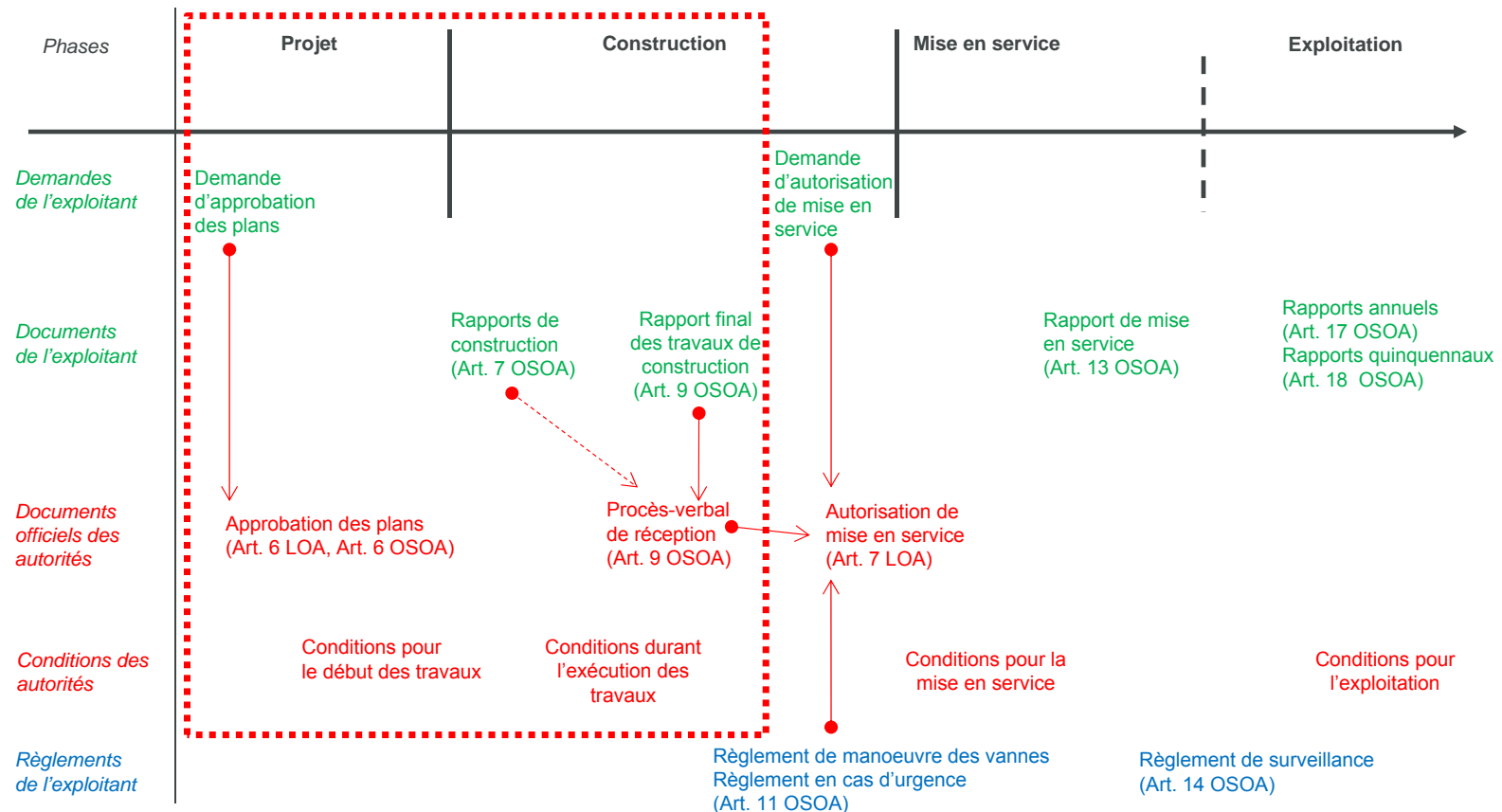


STRUCTURE ET APERÇU DU CONTENU (4)

- 5. Considérations constructives particulières
 - **5.1. Végétation sur les barrages en remblai** (en principe pas tolérée, exceptions en présence d'un surprofil)
 - 5.2. Constructions sur les ouvrages en remblai (en principe pas tolérées)
- 6. Protection contre les actes de sabotage (en particulier les limitations d'accès)
- 7. Démantèlement d'ouvrage (comme une modification, éventuellement exclusion du champ d'application de la LOA)

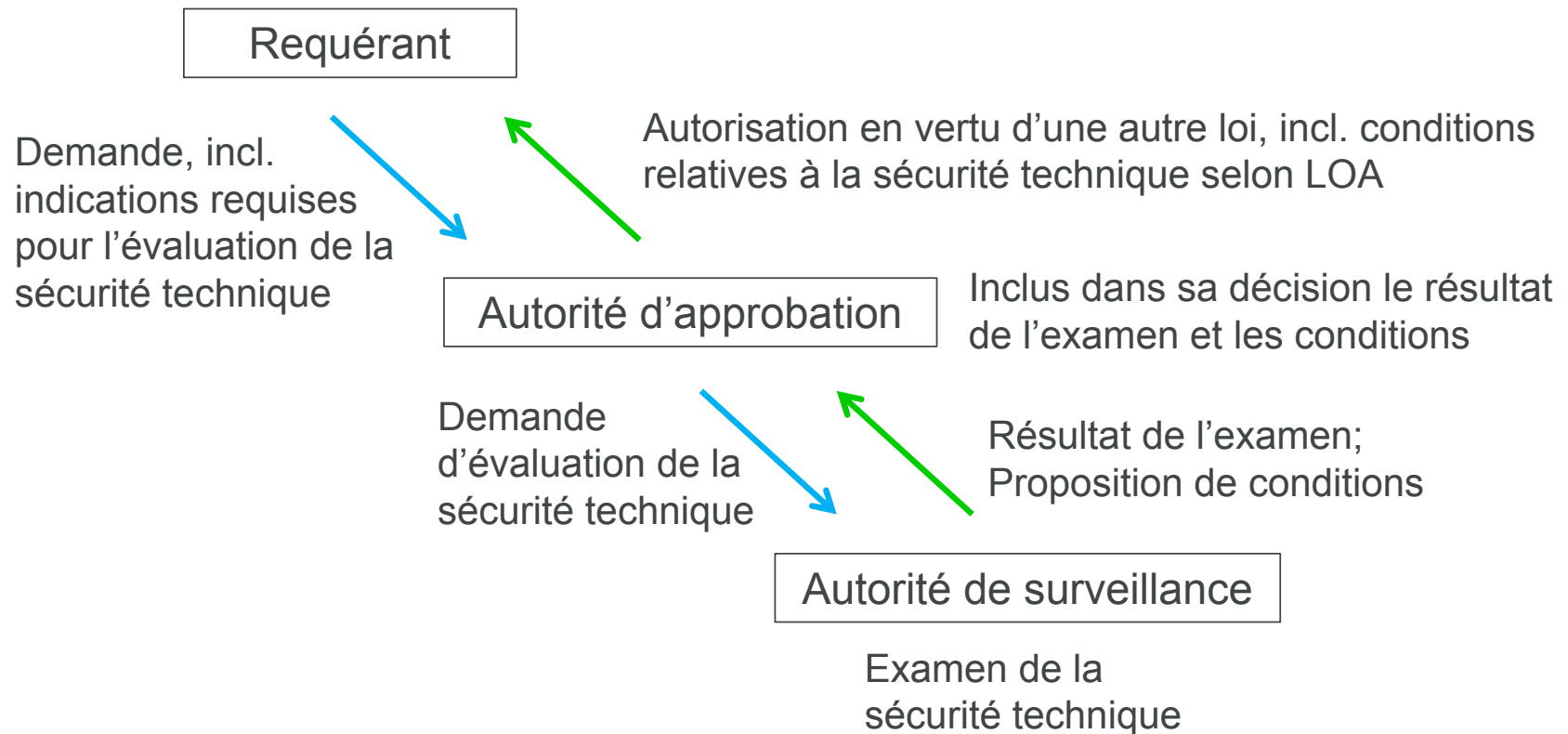


PROCEDURE D'APPROBATION POUR UNE CONSTRUCTION OU MODIFICATION





EXAMEN DE LA SÉCURITÉ TECHNIQUE





INDICATIONS DU REQUÉRANT

1. Rapport technique (éléments de la convention d'utilisation et de la base du projet)
1.1 Éléments fondamentaux
1.1.1 Description du projet de construction ou de transformation d'ouvrage (ouvrage de retenue, retenue, ouvrages annexes)
1.1.2 But (affectation et type d'utilisation, durée d'utilisation prévue)
1.2 Situation et conditions cadres
1.2.1 Ouvrages et infrastructures existants
1.2.2 Topographie, cadre géomorphologique
1.2.3 Conditions du sous-sol (fondation, retenue): géologie, tectonique, géotechnique, hydrogéologie
1.2.4 Sismicité générale du site
1.2.5 Dangers naturels (notamment glissements, éboulements, laves torrentielles, avalanches, séracs, rupture de lac glaciaire, apports sédimentaires, risque d'affaissement en terrain karstique)
1.2.6 Hydrologie (bassins versants, captages, intensités de pluie, débits)
1.2.7 Courbe de remplissage de la retenue, cote normale de retenue, hauteur de retenue, volume de retenue
1.2.8 Charriages, concept de gestion des sédiments lorsque ceux-ci affectent la sécurité de l'ouvrage
1.2.9 Prélèvements des matériaux (sources et carrières, qualité des matériaux)
1.2.10 Autres exigences et contraintes propres au projet (par exemple constructions à proximité, aussi souterraines)
2. Analyse structurale et vérifications de sécurité
2.1 Éléments du système porteur
2.1.1 Système porteur (y compris les aspects de fondation, ouvrages annexes et rives): type, dimensions, détails constructifs importants
2.1.2 Dispositions constructives (joints, contact béton-rocher) *)
2.1.3 Caractéristiques des matériaux de l'ouvrage de retenue (résultats des essais, y compris caractéristiques entrant dans les vérifications *)
2.1.4 Caractéristiques des matériaux de la fondation; injections prévues, drainages
2.1.5 Méthode de construction
2.1.6 Ouvrages annexes relevant de la sécurité

2.2 Vérifications de la sécurité structurale
2.2.1 Bases de calcul; actions individuelles, combinaisons d'actions
2.2.2 Modélisation, calculs
2.2.3 Vérifications statiques de l'ouvrage de retenue (stabilité d'ensemble et résistance ultime, y compris de la fondation)
2.2.4 Stabilité des rives, vagues impulsives *)
2.2.5 Sécurité aux séismes (ouvrage de retenue, retenue, ouvrages annexes)
2.3 Vérifications de la sécurité aux crues et des organes de décharge et de vidange
2.3.1 Hydrographe des apports et des décharges (laminage), détermination de la crue de projet et de la crue de sécurité
2.3.2 Dimensionnement des organes de décharge et de vidange (capacité, revanche, hydraulique), cote de danger
2.3.3 Détermination de la crue de chantier
2.4 Planification en cas d'urgence
2.4.1 Carte d'inondation en cas de rupture de l'ouvrage de retenue
2.4.2 Composantes du dispositif d'alarme
2.5 Instrumentation, concept de surveillance, contrôles
2.5.1 Instrumentation et concept de surveillance lors de l'exploitation *) et durant les travaux (description, schémas)
2.5.2 Programme des essais de contrôle des matériaux durant les travaux
3. Éléments additionnels propres aux transformations d'ouvrage
3.1 Liaison avec la structure existante, mesures constructives au contact "ancien-nouveau"
3.2 Surveillance de l'ouvrage existant durant les travaux
3.3 Sécurité en cas de crues durant les travaux
3.4 Restrictions d'exploitation durant les travaux
4 Plans et programme des travaux
4.1 Situation, vue en plan, élévations, coupes, détails constructifs
4.2 Programme prévisionnel des travaux



DIMENSIONNEMENT ET CONSTRUCTION: TÂCHES DE L'AUTORITÉ DE SURVEILLANCE (1)

- Examen exclusivement du point de vue de la **sécurité technique**:
 - le dossier remis contient-il tous les documents et toutes les informations nécessaires ? (le tableau 3-1 peut servir de référence)
 - les mesures constructives nécessaires sont-elles prévues ?
 - le dimensionnement, les analyses de sécurité et le mode de construction prévus sont-ils conformes à l'état de la science et de la technique ?
 - l'implantation de l'instrumentation est-elle adéquate ?



DIMENSIONNEMENT ET CONSTRUCTION: TÂCHES DE L'AUTORITÉ DE SURVEILLANCE (2)

Charges caractéristiques
dans l'approbation des plans
(cf. directive partie C1,
tableau annexe 2)

Exigences (sélection)
Avant l'exécution des travaux
Annonce écrite du début des travaux
Confirmation par essais des caractéristiques des matériaux admises lors des vérifications
Pendant l'exécution des travaux (voir également art. 6 al. 2 OSOA)
Planification actualisée des travaux et état d'avancement des travaux
Accompagnement des travaux de construction et des injections par un professionnel (par exemple géologue ou géotechnicien)
Éventuelles restrictions d'exploitation (lors de la modification d'un ouvrage existant)
Installation d'un dispositif d'alarme-eau
Communication des résultats des contrôles d'exécution et des essais de matériaux
Communication des résultats des travaux d'injection
Annonce d'événements particuliers
Annonce écrite de la fin des travaux
A la fin des travaux (voir également art. 6 al. 3 et art. 9 OSOA)
Remise d'un rapport final de construction y compris documentation photographique des travaux
Remise de l'interprétation des résultats des contrôles d'exécution et des essais de matériaux
Remise des plans conformes à l'exécution
Remise des relevés géologiques et de leur interprétation
Remise de l'interprétation des résultats des contrôles effectués durant les travaux
En cas de travaux sur les organes de décharge et de vidange: contrôle de leur fonctionnement (essai avec lâchure)
Spécifiques aux modifications d'ouvrage
Mesure de référence avant début des travaux (y compris géodésie complète)
Protection du système de mesures existant durant les travaux (en particulier de mesures géodésiques)
Poursuite du programme de mesures, éventuellement de manière renforcée; communication des résultats (à qui, à quelle fréquence)



DIMENSIONNEMENT ET CONSTRUCTION: TÂCHES DE L'AUTORITÉ DE SURVEILLANCE (3)

- Réception des travaux par l'autorité de surveillance:
 - tous les documents fixés dans l'approbation des plans ont-ils été remis?
 - toutes les exigences émises ("charges") qui relèvent de la sécurité technique sont-elles satisfaites?
 - les travaux ont-ils été réalisés conformément aux plans approuvés?
 - l'autorité de surveillance consigne le résultat de son contrôle dans un **procès-verbal de réception des travaux** (une des conditions préalable à l'octroi d'une autorisation de mise en service !)



SÉCURITÉ STRUCTURALE: OBJET

- Objet: s'assurer qu'un ouvrage d'accumulation **résiste à tous les cas de charge et d'exploitation prévisibles**
- But: **prévenir un écoulement incontrôlé** et dommageable de grandes quantités d'eau
- mesures, vérifications:
 - sécurité aux crues
 - intégrité structurale



SÉCURITÉ STRUCTURALE: PRINCIPES DE VÉRIFICATION

- Principes de vérification :
 - Sollicitations : estimation la plus juste ("best estimate") respectivement valeurs moyennes ou médianes; **aucun facteur partiel de charge**
 - Résistance : Diminution de la résistance caractéristique; **avec facteurs partiels de résistance**
- Calculs de sensibilité afin de mettre en évidence les paramètres prépondérants (notamment pour les caractéristiques géotechniques et les sous-pressions)



SÉCURITÉ STRUCTURALE: VÉRIFICATIONS

- Stabilité d'ensemble:
 - Glissement / Basculement
 - Soulèvement
- Résistance ultime:
 - Contraintes (barrages en béton)
 - Stabilité de l'ouvrage, érosion interne (ouvrages en remblai)
- Résistance ultime de la zone de fondation
(incl. affouillements, érosion)
- Stabilité des versants de la zone de retenue



VÉGÉTATION SUR LES BARRAGES EN REMBLAI

- Les nouveaux barrages doivent rester libres de toute végétation; raisons:
 - endommagement par la propagation de racines
 - empêchement des contrôles visuels des talus (mise en évidence de venues d'eau, etc.)
 - présence de rongeurs (creusant des trous ou couloirs), etc.
 - Exceptions possibles:
 - plantes à racines courtes (dans le surprofil)
 - plantes disposées de façon clairsemée
 - Ouvrages existants et digues latérales: certaine flexibilité quant à la mise en œuvre, d'entente avec l'autorité de surveillance
 - Buissons et arbres sur un barrage ou immédiatement contre le pied aval: ne tombent pas sous les dispositions de la législation fédérale sur les forêts
-